

## TITLE OF THE INVENTION

内燃機関の排気浄化装置および排気浄化方法

EXHAUST GAS PURIFYING APPARATUS AND EXHAUST GAS PURIFYING METHOD FOR AN  
INTERNAL COMBUSTION ENGINE

## 5 CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

This application is based upon and claims the benefit of priority from the prior Japanese Patent Application No. 2002-341120, filed November 25, 2002, the entire contents of which are incorporated herein by reference.

## 10 BACKGROUND OF THE INVENTION

### 1 Field of the Invention

本発明は、内燃機関から排出されたパティキュレートを捕集するフィルタと、このフィルタの機能を回復させる再生手段と、を備える内燃機関の排気浄化装置および排気浄化方法に関する。

### 15 2 Description of the Related Art

内燃機関の一例として、ディーゼルエンジン (diesel engine) がある。ディーゼルエンジンは、排気通路に排気浄化装置を備える。この排気浄化装置は、ディーゼルパティキュレートフィルタ (D P F : Diesel Particulates filter) と再生装置とを備える。D P F は、排気中に含まれる黒煙、煤、H C などといったパティキュレート (particulates) を捕集する。再生装置は、D P F の機能を維持するために D P F の上流に配置される。再生装置は、酸化触媒を有しており、排気に含まれる N O と O<sub>2</sub> を反応させて N O<sub>2</sub> を生成する。生成された N O<sub>2</sub> は、パティキュレートと反応する。この結果、フィルタに捕集されたパティキュレートが除去され、D P F は、再生される。

25 パティキュレートは、雰囲気温度が約 5 5 0 ℃ 以上で O<sub>2</sub> と反応し、雰囲気温度が約 2 5 0 ℃ 以上で N O<sub>2</sub> と反応する。エンジンが一定の回転数以上に維持されるような連続運転状態の場合、排気の温度は、約 2 5 0 ℃ 以上に保たれる。この連続運転状態において、再生装置によって N O<sub>2</sub> が供給されれば、P D F は、パティキュレートを捕集しつつパティキュレートを燃焼させる、いわゆる連続再

生状態を実現できる。

ところが、軽負荷運転が連続すると、排気の温度が低下する。その結果、P D Fの上流に配置された酸化触媒の温度は、活性化温度を維持し難くなるため、D P Fの再生が不十分となる場合がある。排気浄化装置は、再生機能が低下すると、  
5 D P Fが過剰捕集状態となり、パティキュレートによって目詰まりを起す。その結果、排気圧力が増大し、エンジンの燃費及び動力性能を低下させる。

そこで、エンジンの運転状態を制御することで、N Oの排出量を増加させてN O<sub>2</sub>の量を増やしたり、排気の温度を上昇させてN O<sub>2</sub>とパティキュレートとの反応を促進させたりする再生装置が特開2001-115822号公報に開示さ  
10 れている。この再生装置は、排ガスセンサ(exhaust gas sensor)、エンジン回転センサ、エンジン負荷センサ、エンジン可動タイマ(timer)、吸気量センサ、N O<sub>x</sub>センサ、O<sub>2</sub>センサ、排ガス温度センサのいずれかによって、D P Fに捕集されたパティキュレートの堆積量を見積もる。そして、再生装置は、燃料噴射装置の燃料噴射時期及び噴射量、E G R(Exhaust Gas Re-circulation)装置の  
15 E G Rバルブの開度、ターボ過吸機の吸気量、各シリンダに設けられた吸気弁及び排気弁の開閉時期及びリフト(lift)量、吸気通路に設けられた吸気絞り弁の開度のいずれかを制御する。

また、P D Fの上流に燃料を噴射する燃料噴射手段を備える排気微粒子浄化装置が特開平7-259533号公報に開示されている。この排気微粒子浄化装置  
20 は、触媒がコーティング(coated)されたフィルタ(filter)と、このフィルタの温度を検出する温度センサと、温度センサの温度信号を基にフィルタの上流に燃料を噴射する燃料噴射手段を備える。排気微粒子浄化装置は、温度センサで検出される温度を基にフィルタの再生時期を判断し、燃料の噴射時期及び量を制御する。また、この排気微粒子浄化装置は、膨張行程中に、シリンダ(cylinder)内に燃料  
25 を追加噴射し、シリンダ内に残る余剰空気の酸素と燃料を反応させ、排気の温度を上昇させる。温度を上昇された排気は、触媒の活性化温度以上に触媒付きフィルタを温める。そして、温められた触媒は、追加噴射された燃料を酸化させる。フィルタに捕集されたパティキュレートは、燃料が酸化されるとき反応熱で燃焼される。フィルタの温度がパティキュレートの着火温度以上になっている状態

が、所定の時間を超えた場合に、膨張行程から排気行程までの間の燃料噴射を止めて、フィルタの再生を完了する。

しかしながら、フィルタを再生するために、酸化触媒が活性化温度になるようにエンジンの負荷を変動させて排気を昇温することによって、いわゆる強制再生を実施する場合、通常の運転条件の排気に比べ、多くのパティキュレートが排気に含まれるようになる。そして、酸化触媒が活性化温度に達するまでの間に発生するパティキュレートは、酸化触媒にも付着する。強制再生を繰返すと、酸化触媒は、次第にパティキュレートで覆われて機能を十分に発揮できなくなる。その結果、排気浄化装置は、フィルタを連続再生する機能が低下する。

内燃機関の排気に含まれるパティキュレートを捕集するフィルタの連続再生機能を維持しながら、強制再生性機能も向上させることができる内燃機関の排気浄化装置が所望されている。

#### BRIEF SUMMARY OF THE INVENTION

本発明に係る内燃機関の排気浄化装置は、パティキュレートフィルタと酸化触媒と強制再生制御手段とを備える。パティキュレートフィルタは、内燃機関の排気通路に配置され排気中のパティキュレートを捕集する。酸化触媒は、パティキュレートフィルタより上流側の排気通路中に配置される。強制再生制御手段は、パティキュレートフィルタを強制的に再生するに際して、内燃機関の排気温度を上昇させることによって酸化触媒を活性化させる触媒昇温制御を実行した後、前記酸化触媒に未燃燃料を供給することによって前記フィルタを昇温させるフィルタ昇温制御を実行する。

排気浄化装置は、更にフロント (front) 酸化触媒とバイパス (bypass) 通路と流路切換装置とを備える。フロント酸化触媒は、前記酸化触媒より上流側の排気通路中に配置される。バイパス通路は、前記フロント酸化触媒をバイパスするように前記排気通路に設けられる。流路切換装置は、排気の流れを前記フロント酸化触媒側もしくは前記バイパス通路側に切り換える。流路切換装置は、前記触媒昇温制御実行時に、排気の流れをフロント酸化触媒側に切り換え、前記フィルタ昇温制御実行時に、排気の流れをバイパス通路側に切り換える。

フィルタを強制的に再生するに際して、触媒昇温制御実行時に、流路切換装置

は、排気の流れをフロント酸化触媒側に切り換える。酸化触媒より上流側に位置するフロント酸化触媒は、短期間で昇温されるとともに、触媒反応の熱によって下流の酸化触媒に流れる排気温度の上昇を促進させる。酸化触媒は、効率良く活性化されるとともに、機関から排出される煤は、機関の排気温度の上昇に伴い比較的高温になるフロント酸化触媒によって酸化燃焼される。したがって、酸化触媒に煤が付着することを防止できると同時に、煤が燃焼することによる熱で酸化触媒の活性化をより促進させることができる。

その後、フィルタ昇温制御実行時に、流路切換装置は、排気の流れをバイパス通路側に切り換える。したがって、排気浄化装置は、未燃燃料を酸化触媒で確実に燃焼させることができ、フィルタを効率良く昇温させて効率良く再生することができる。

好ましい態様として、フロント酸化触媒は、下流の酸化触媒より小容量とすることが良い。この場合、フロント酸化触媒が小容量になるほど、触媒昇温制御実行時において、フロント酸化触媒が十分な温度まで昇温される時間が短縮される。

また、好ましい態様としての流路切換装置は、通常運転時における内燃機関の排圧が上昇することを防止するために、触媒昇温制御時以外、流れを切り換えて、排気をバイパス通路側に流す。フィルタの強制再生を効率よく実施するために、酸化触媒とフィルタとの間に温度検出器を設けても良い。そして、この温度検出器によって、フィルタの入口の温度を検出し、検出された温度に基づいて強制再生制御手段で流路切換装置を作動させることも好ましい。また、排気の流量や圧力を変化させないために、圧損も考慮してフロント酸化触媒の流路断面積とバイパス通路の流路断面積を決定することも好ましい。そして、流路切換装置は、フロント酸化触媒側とバイパス通路側のそれぞれにバルブを備え、それぞれ独立して開閉できるようにしても良い。

本発明に係る内燃機関の排気浄化方法によれば、上述の排気浄化装置を用い、触媒昇温制御実行時に流路切換装置が排気の流れをフロント酸化触媒側に切り換えるステップと、フィルタ昇温制御実行時に流路切換装置が排気の流れをバイパス通路側に切り換えるステップとを有する。また、触媒昇温制御時以外、流路切換装置が排気の流れをバイパス通路側に切り換えるステップを有しても良い。

## BRIEF DESCRIPTION OF THE SEVERAL VIEWS OF THE DRAWING

この明細書に添付された図面は、本発明の好適な実施例を説明するためのものである。

図 1 は、本発明に係る第 1 の実施形態の排気浄化装置を示す図である。

5 図 2 は、図 1 の排気浄化装置が触媒昇温制御時である状態を示す図である。

図 3 は、図 1 の排気浄化装置の再生サイクルを示すフローチャートである。

図 4 は、図 1 の排気浄化装置の再生サイクルを示すタイミングチャートである。

## DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

10 本発明に係る一実施形態の排気浄化装置 1 について、図 1 から図 4 を参照して説明する。図 1 に示すように排気浄化装置 1 は、内燃機関、具体的には、ディーゼルエンジン 2 の排気通路 3 に設けられている。排気浄化装置 1 は、フィルタ 4 と酸化触媒 5 と温度検出器 6 とフロント酸化触媒 7 とバイパス通路 8 と流路切換装置 9 と制御装置 10 とを備えている。

15 フィルタ 4 は、エンジン 2 から排出される排気 E に含まれる黒煙、煤、HC などのようなパティキュレートを捕集する。酸化触媒 5 は、フィルタ 4 の上流側に設けられ、触媒反応によって排気 E に含まれる NO と O<sub>2</sub> との酸化反応を活性化させる。これによって、NO<sub>2</sub> が生成される。

20 温度検出器 6 は、フィルタ 4 の上流側で酸化触媒 5 の下流側に配置され、フィルタ 4 の入口の排気の温度 K を検出する。この温度検出器 6 は、具体的には、測温抵抗体やサーミスタ、或いはステンレスの鞘に熱電対が挿入されたシース熱電対など温度変化を電気的な変化量として出力することのできるものである。なお、温度検出器 6 は、予め設定される温度条件で信号を出力するように設定されたバイメタルでもよい。

25 フロント酸化触媒 7 は、排気通路 3 において酸化触媒 5 よりも上流で、エキゾーストマニホールドと排気管との接続部やエキゾーストマニホールドの内部など、エンジン 2 に近接した位置に配置されている。フロント酸化触媒 7 は、酸化触媒 5 と同等以上の酸化力を有する触媒であって、酸化触媒 5 よりも容積が小さい。バイパス通路 8 は、フロント酸化触媒 7 より上流側の排気通路 3 とフロント酸化触媒 7 より下流側で酸化触媒 5 より上流側の排気通路 3 とを連通している。

流路切換装置 9 は、排気通路 3 とバイパス通路 8 との分岐部に設けられている。流路切換装置 9 は、触媒側バルブ A とバイパス側バルブ B とを備えている。触媒側バルブ A は、フロント酸化触媒 7 に通じる経路を遮断する。バイパス側バルブ B は、バイパス通路 8 に通じる経路を遮断する。それぞれのバルブ A, B は、例えば、バタフライ式のバルブであって、それぞれ独立して作動する。なお、流路  
5 切換装置 9 は、プランジャなどによって、フロント酸化触媒 7 側とバイパス通路 8 側のどちらかに排気通路 3 を連通する切換弁であっても良い。

制御装置 10 は、強制再生制御手段の一例であって、触媒昇温制御とフィルタ  
10 昇温制御とを実行する。触媒昇温制御において、制御装置 10 は、流路切換装置 9 を作動させて、排気通路 3 をフロント酸化触媒 7 側に連通させる。つまり、図 2 に示すように触媒側バルブ A を開き、バイパス側バルブ B を閉じる。これにより、排気 E は、フロント酸化触媒 7 を通過して酸化触媒 5 へと送られる。フィルタ昇温制御において、制御装置 10 は、流路切換装置 9 を作動させて、排気通路 3 をバイパス通路 8 側に連通させる。つまり、図 1 に示すように触媒側バルブ A  
15 を閉じ、バイパス側バルブ B を開く。

また、制御装置 10 は、時間計測用のタイマを内蔵しており、強制再生インターバル時間  $t_1$  と再生時間  $t_2$  とが予め設定されている。強制再生インターバル時間  $t_1$  は、フィルタ 4 に堆積するパティキュレートの量が、飽和状態になるであろう時間を予測して予め決定される時間である。強制再生インターバル時間  $t_1$  は、エンジン 2 が置かれる状況に応じて適宜最適な時間に設定されるものである。再生時間  $t_2$  は、パティキュレート捕集容量が飽和状態にあるフィルタ 4 に対して未燃燃料を添加し、このフィルタ 4 を再生するために必要となる時間である。制御装置 10 は、さらに温度  $K_1$ ,  $K_2$  が設定されている。温度  $K_1$  は、酸化触媒 5 が活性化されて未燃燃料を酸化させるに十分な温度である。また、温度  $K_2$  は、フィルタ 4 に捕集されたパティキュレートが酸化除去される温度である。  
20

以上のように構成された排気浄化装置 1 は、図 3 に示すように作動する。エンジン 2 が通常運転状態の場合 (S1)、触媒側バルブ A は、閉じており、バイパス側バルブ B は、開いている。したがって、排気 E は、図 1 に示すように、バイパス通路 8 を通って酸化触媒 5 へと流れる。酸化触媒 5 は、排気 E に含まれる N  
25

Oを酸化してNO<sub>2</sub>を生成する。温度Kが、NO<sub>2</sub>とパティキュレートとの反応温度を超えている場合、フィルタ4に捕集されているパティキュレートが、NO<sub>2</sub>と反応し、フィルタ4から除去される。

制御装置10は、内蔵するタイマによって、時間tを計測している（S2）。

5 計測時間tが強制再生インターバル時間t<sub>1</sub>を経過すると、制御装置10は、フィルタ4を強制再生するために、触媒昇温制御を開始する（S3）。制御装置10は、流路切換装置9を作動させ、触媒側バルブAを開き、バイパス側バルブBを閉じる（S4）。この結果、排気Eは、図2に示すようにフロント酸化触媒7を通過するようになる。

10 そして、エンジン2の燃料噴射ノズル（図示せず）から燃料を供給するタイミングなどを制御することで、排気Eの温度を上昇させる。フロント酸化触媒7は、排気通路3においてエンジン2から近い位置に配置されている。したがって、エンジン2から排出された排気Eは、温度を低下させることなくフロント酸化触媒7に到達する。また、フロント酸化触媒7は、酸化触媒5に比べて容積が小さい  
15 ので、酸化触媒5に比べて短時間で温度が上がる。

その結果、フロント酸化触媒7においてパティキュレートが酸化燃焼されるため、酸化触媒5にパティキュレートが付着することを防止することができる。また、パティキュレートが燃焼することで、さらに排気Eの温度が上昇する。したがって、酸化触媒5は、触媒昇温制御において、温度があがった排気Eによって  
20 昇温される。

酸化触媒5は、所定の温度に達すると活性化され、活性化された酸化触媒5は、触媒反応でさらに熱を発生し、温度が上がる。制御装置10は、酸化触媒5が活性化されて未燃燃料を酸化させるに十分な温度K<sub>1</sub>に、酸化触媒5の温度として温度検出器6で検出される温度Kが達したことを確認する（S5）。そして、温度Kが再生温度K<sub>1</sub>と同じかそれ以上になったことが確認されると、制御装置10は、触媒昇温制御を終了する（S6）。  
25

次に、制御装置10は、フィルタ昇温制御を開始する（S7）。制御装置10は、流路切換装置9を作動させ、触媒側バルブAを閉じ、バイパス側バルブBを開く（S8）。これによって、エンジン2から排出される排気Eは、図1に示す

ようにバイパス通路 8 を通って酸化触媒 5 へと流れる。流路切換装置 9 を作動させた後、制御装置 10 は、例えば排気行程で燃料噴射ノズル（図示せず）から燃料を供給するポスト噴射を実施するか、酸化触媒 5 までの排気通路 3 に別途設けたノズルから燃料を供給する。これによって、酸化触媒 5 の上流において排気 E に未燃燃料が含まれるように、未燃燃料の添加が実施される（S 9）。未燃燃料は、触媒昇温制御で昇温された酸化触媒 5 において燃焼される。つまり、温度  $K_1$  は、未燃燃料が酸化燃焼する温度以上である。未燃燃料が燃焼することで、フィルタ 4 の入口における排気 E の温度は、上昇する。パティキュレートは、雰囲気温度が約 550℃ 以上になると、 $O_2$  と反応して燃焼するようになる。したがって、 $O_2$  によってパティキュレートが酸化される温度  $K_2$  である約 550℃ 以上に排気 E の温度  $K$  が上昇されると、フィルタ 4 に捕集されたパティキュレートは、 $O_2$  と反応して強制的に燃焼されるので、フィルタからパティキュレートが効率良く除去される。

制御装置 10 は、温度検出器 6 で検出される温度  $K$  が、温度  $K_2$  またはそれ以上の温度に維持されている時間  $t$  をタイマで計測する（S 10）。計測時間が再生時間  $t_2$  を経過すると、制御装置 10 は、未燃燃料を添加することを停止する（S 11）。再生時間  $t_2$  は、フィルタ 4 に捕集されたパティキュレートが燃焼しきるために十分な時間に設定されているので、フィルタ 4 に捕集されたパティキュレートは、確実に除去される。なお、再生時間  $t_2$  は、燃焼温度によって変わる変数であっても良い。また、再生時間  $t_2$  は、反応速度や排気 E 中の成分に応じて変化する変数であっても良い。

制御装置 10 は、未燃燃料の添加を停止した後、フィルタ昇温制御を終了する（S 12）。そして、エンジン 2 は、通常運転状態に戻る（S 1）。また、制御装置 10 は、再び、強制再生インターバル時間  $t_1$  の計測を行なう（S 2）。

なお、フィルタ 4 の再生を開始する間隔は、温度検出器 6 によって検出される温度  $K$  とタイマによって計測される強制再生インターバル時間  $t_1$  との情報を組み合わせて決定しても良い。また、通常運転状態において、排気浄化装置 1 は、酸化触媒 5 を通過する排気 E がパティキュレートを  $NO_2$  で燃焼させる温度以上になることで、フィルタ 4 を連続再生する。なお、上述の一連の制御をタイムチ



ャート図で表すと図 4 のようになる。

以上のように、排気浄化装置 1 は、酸化触媒 5 よりも上流の排気通路 3 にフロント酸化触媒 7 を設けるとともに、フロント酸化触媒 7 よりも上流側と下流側とを連通するバイパス通路 8 を設けている。フィルタ 4 を強制的に再生する場合、  
5 エンジン 2 の排気 E の温度を上昇させ、この排気 E がフロント酸化触媒 7 を通過するように流路切換装置 9 を作動させ、フロント酸化触媒 7 で排気 E 中のパティキュレート酸化しながら酸化触媒 5 を昇温させる。フロント酸化触媒 7 は、エンジン 2 に近い側に設けられ酸化触媒 5 に比べて容積が小さいので、短時間で昇温され、排気温度を上昇させることによって生じるパティキュレートは、フロン  
10 ト酸化触媒 7 によって、効率良く燃焼されるので、酸化触媒 5 に付着することは無い。また、フロント酸化触媒 7 での反応熱が排気 E をさらに昇温するので、酸化触媒 5 の昇温が促進される。そして、酸化触媒 5 の温度が未燃燃料を酸化させるために十分な温度に昇温されると、排気通路 3 がフロント酸化触媒 7 側からバイパス通路 8 側に切換えられ、さらに、酸化触媒 5 の上流に未燃燃料を供給され、  
15 パティキュレートの燃焼温度以上に酸化触媒 5 が昇温されるので、フィルタ 4 に捕集されたパティキュレートは、効率よく燃焼除去される。すなわち、排気浄化装置 1 は、効率よく再生される。